



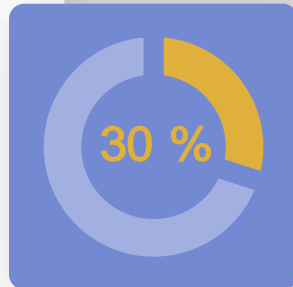
Обеспечение устойчивости основания автомобильных дорог в криолитозоне. Подходы и методы стабилизации мерзлых грунтов

Литовко Андрей Владимирович

Научный сотрудник лаборатории инженерной геокриологии
Института мерзлотоведения им. П. И. Мельникова СО РАН



Криолитозона Земли

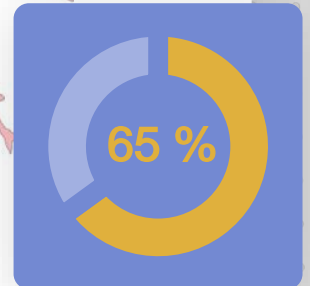


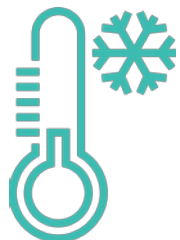
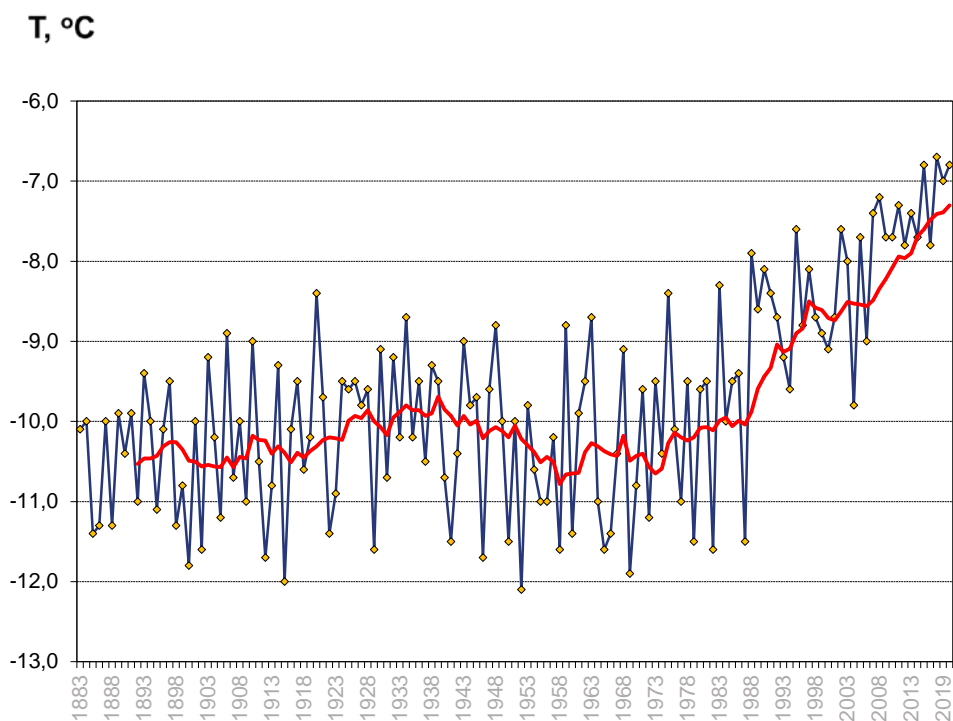
При современном распространении многолетнемерзлых пород на Земле суммарная площадь криолитозоны (включая Гренландию и Антарктиду) составляет около **30 %** поверхности Земли и примерно **65 %** территории России.

В мерзлых толщах лед является породообразующим минералом, и своеобразие грунтов подчеркивается динамичными изменениями их свойств в зависимости от температуры, давления и других факторов.

Это определяет геодинамическое состояние территории и устойчивость оснований конструкций.

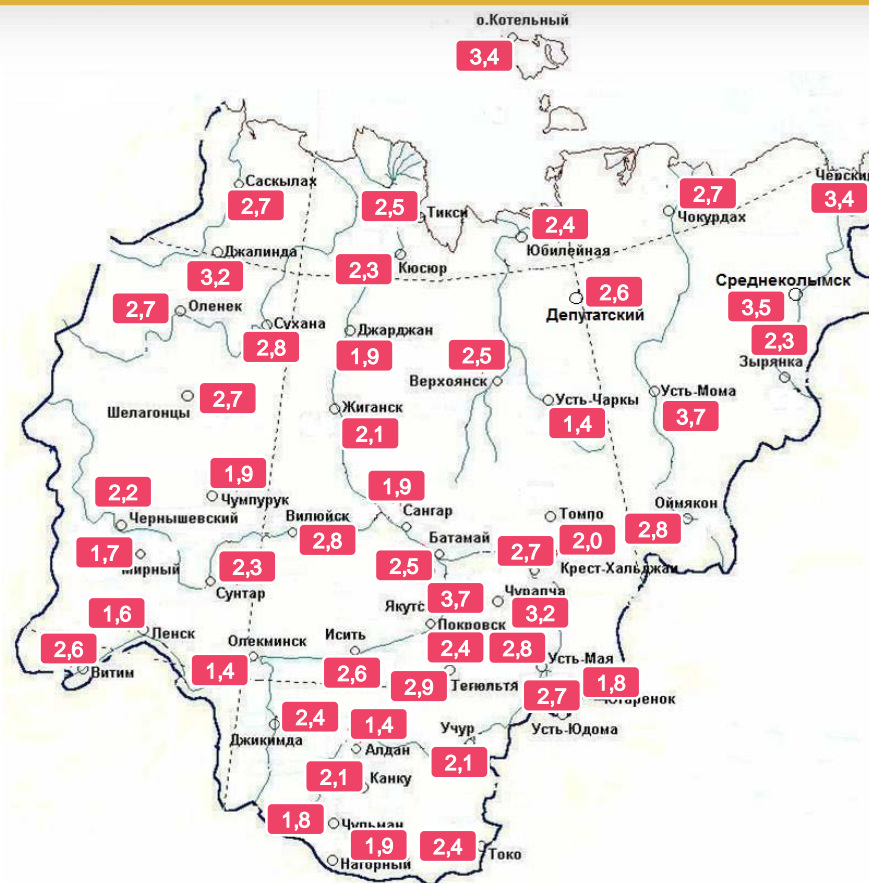
Вечная мерзлота России





Многолетняя изменчивость средней годовой температуры воздуха в г. Якутске, °С. Жирная сплошная линия —скользящая десятилетняя средняя (Скачков Ю. Б.)

Приращения среднегодовой температуры воздуха в Якутии (1966–2018 гг.), °С (Скачков Ю. Б.)

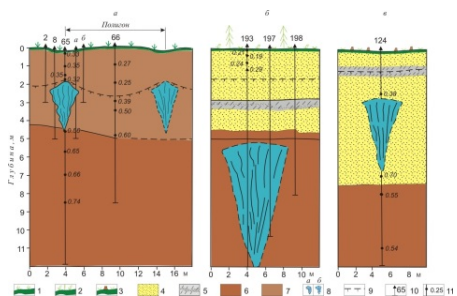
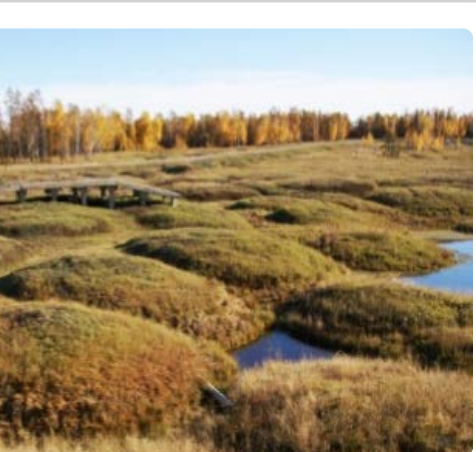


УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В КРИОЛИТОЗОНЕ



Автомобильные дороги являются сложным инженерным сооружением, проходящим в различных природных и инженерно-геологических условиях и подвергающимся импульсной нагрузке.

Устойчивость основания автомобильных дорог на севере во многих случаях определяется состоянием мерзлых толщ (температурой, льдистостью, составом пород и др.). **Именно изменение состояния мерзлых толщ (их оттаивание или промерзание) приводит к различной степени деформациям сооружения.** Одним из методов поддержания в рабочем состоянии автомобильных дорог в криолитозоне является комплекс методов и мероприятий, позволяющих сохранять в основании дороги мерзлые толщи.



РАЗРУШЕНИЯ И ДЕФОРМАЦИИ АВТОДОРОГ В КРИОЛИТОЗОНЕ



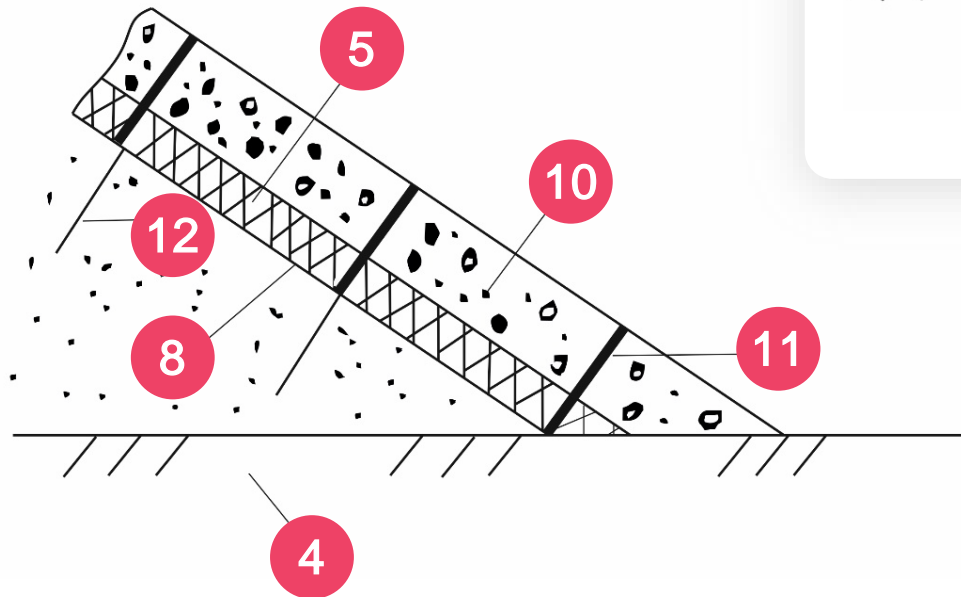
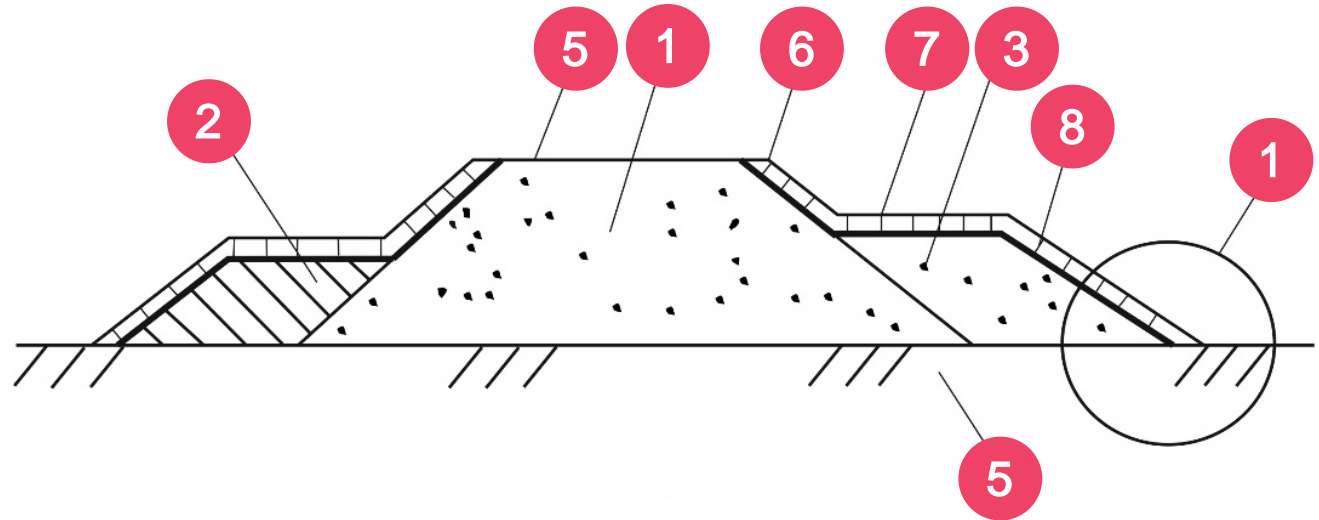
Именно состояние мерзлых толщ, изменение влаго- и льдосодержания являются причинами разрушения и деформации автомобильных дорог на Севере.



СПОСОБ КРЕПЛЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОТКОСЕ

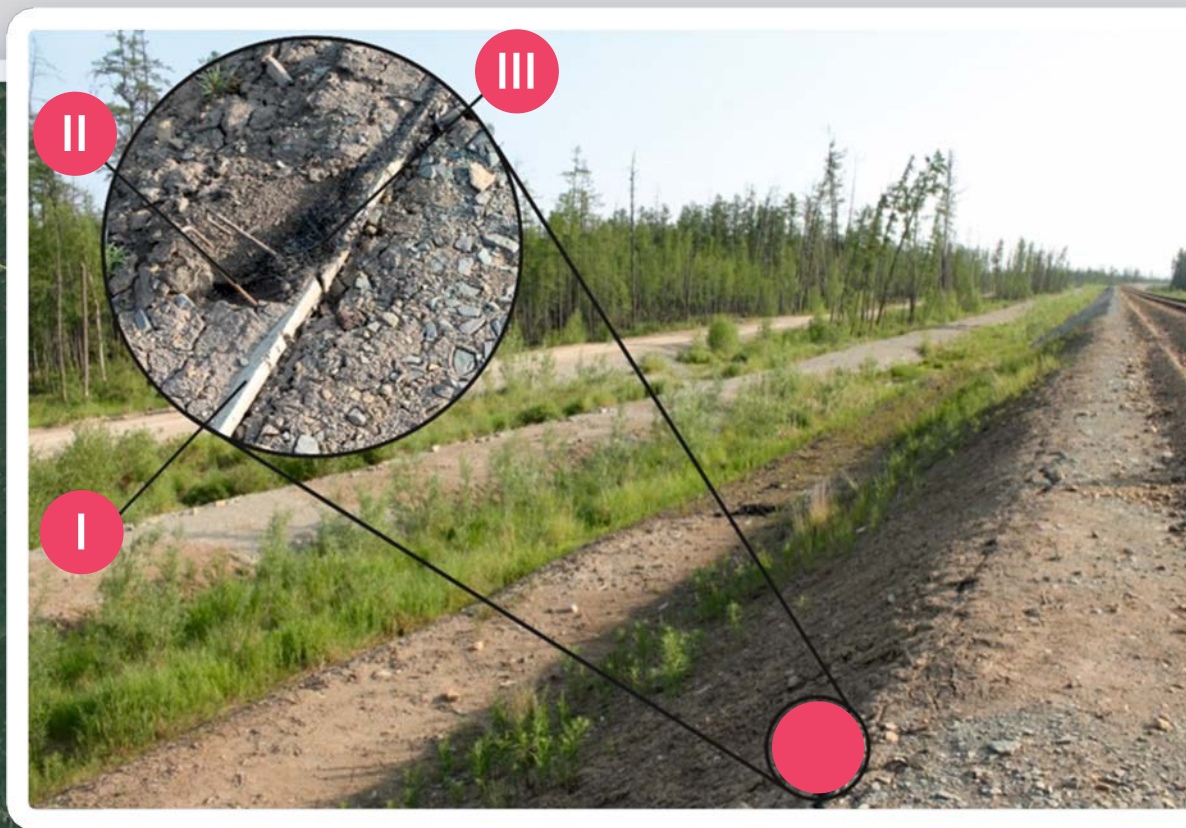


- 1 — тело насыпи;
- 2, 3 — земляные призмы;
- 4 — основание;
- 5 — основная площадка;



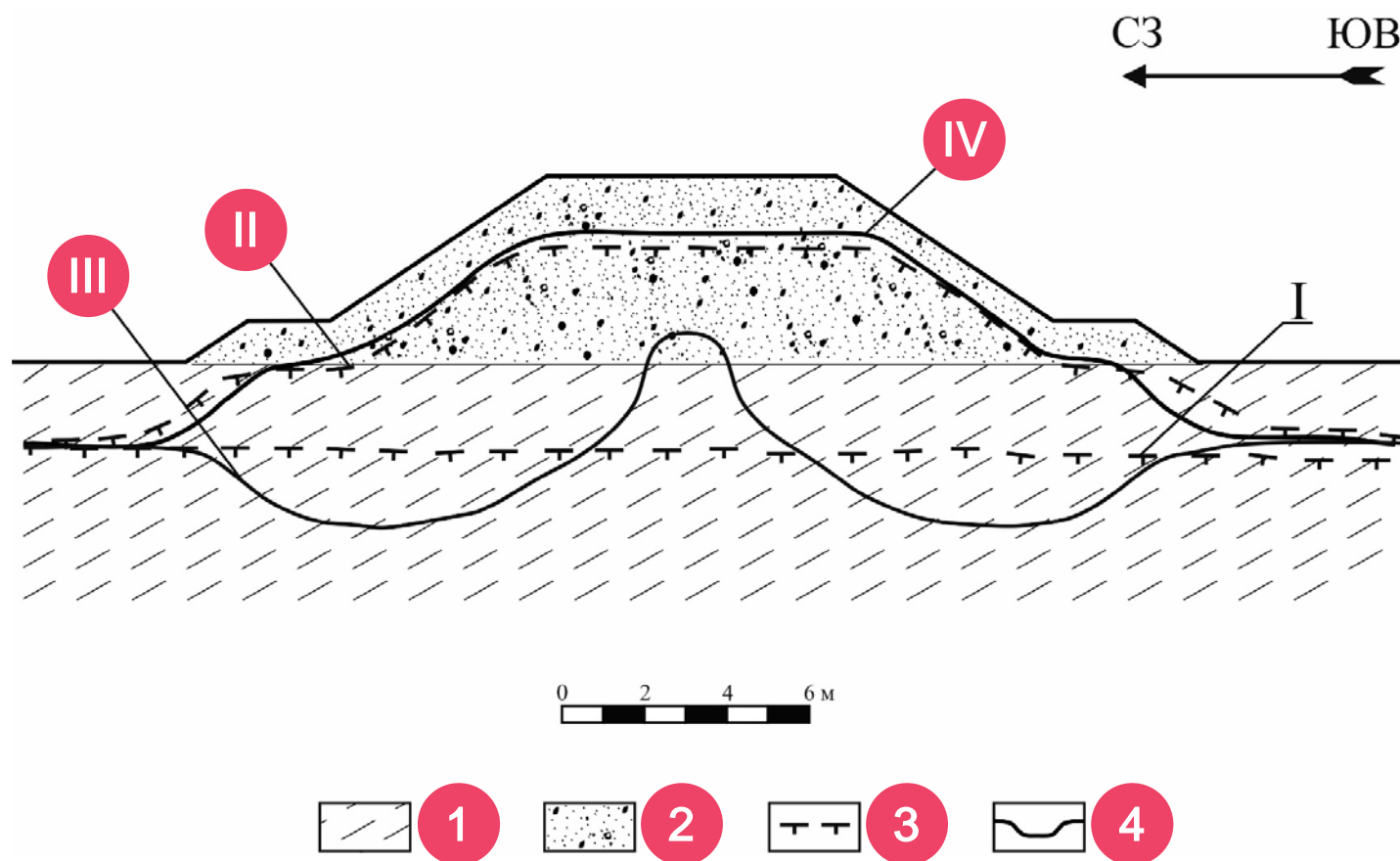
- 6, 8 — откосы;
- 7 — гребни земляных призм;
- 9 — теплоизолятор;
- 10 — крепление откоса;
- 11 — диафрагмы (металлические листы);
- 12 — металлические штыри.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ УЧАСТОК НАСЫПИ НА 695-М КМ АМУРО-ЯКУТСКОЙ МАГИСТРАЛИ



- I — теплоизолятор (экструдированный пенополистирол);
- II — закрепляющие металлические шпильки;
- III — объемная пластмассовая сетка.

ПОЛОЖЕНИЕ КРОВЛИ ТОЛЩИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ В ТЕЛЕ И ОСНОВАНИИ НАСЫПИ НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ УЧАСТКЕ



1 — супесь;
 2 — гравелисто-песчаный грунт;
 3 — положение кровли толщи многолетнемерзлых грунтов по данным натуральных измерений;
 4 — положение кровли толщи многолетнемерзлых грунтов по данным математического моделирования.

I — до возведения насыпи на август 2009 г.;

II — по данным георадиолокации на июль 2016 г.;

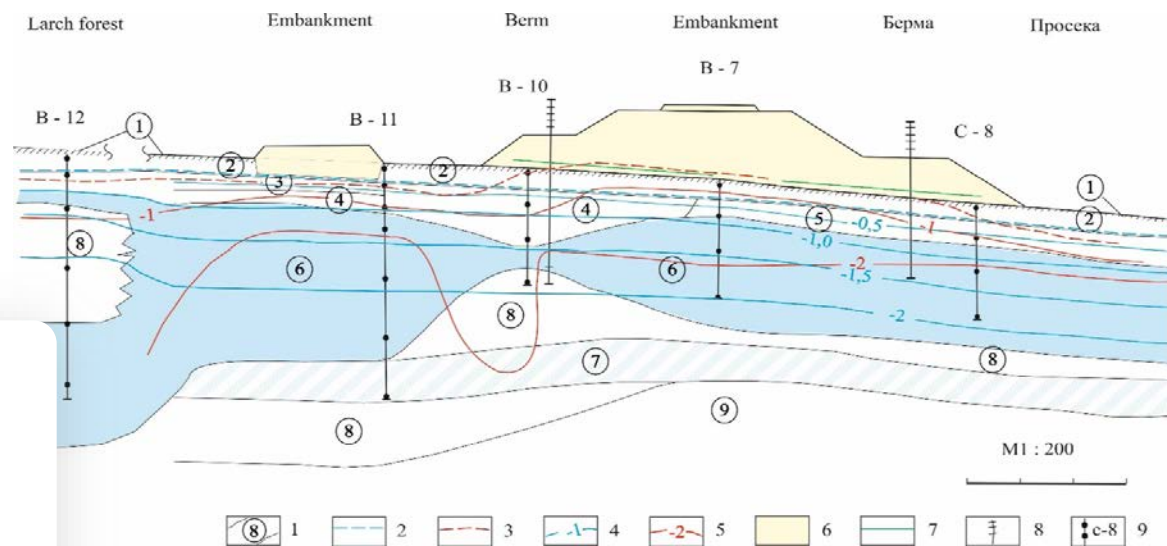
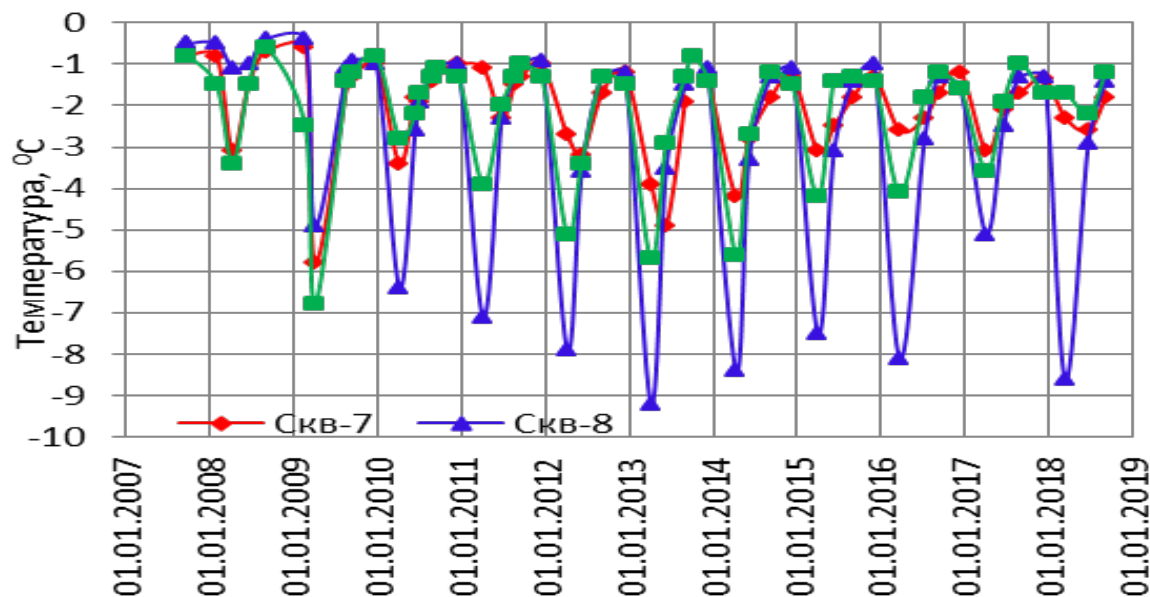
III — по данным математического моделирования при отсутствии теплоизоляции на июль 2016 г.;

IV — по данным математического моделирования с теплоизоляцией на июль 2016 г.

ПРИМЕНЕНИЕ СОУ И ТЕПЛОИЗОЛЯТОРА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ



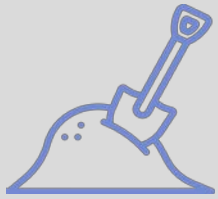
Установка СОУ на бермах низких насыпей и укладки теплоизоляционного материала из пеноплекса на его основании оказывают охлаждающее воздействие на грунты основания земляного полотна.



Динамика температуры грунтов основания на глубине 1,5 м на низких 3-метровых насыпях с применением СОУ в сочетании с теплоизоляционным материалом из пеноплекса на восточной (Скв-8) и западной (Скв-10) бермах, под осью насыпи (Скв-7).

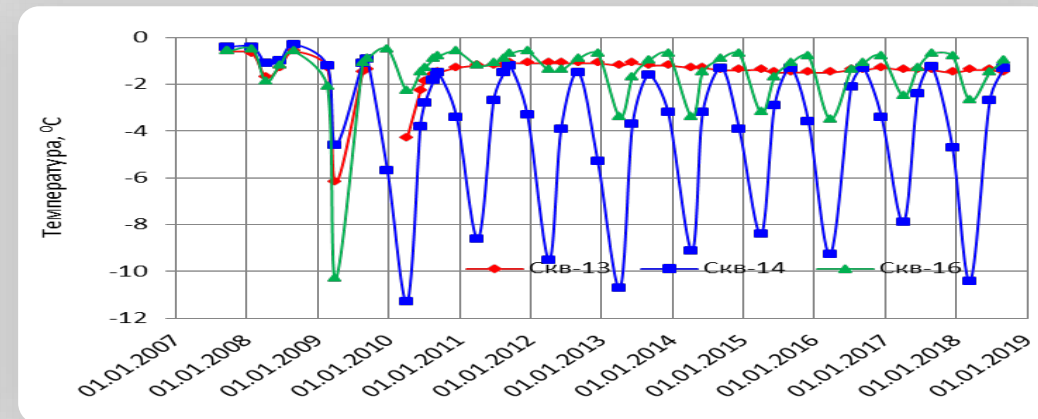
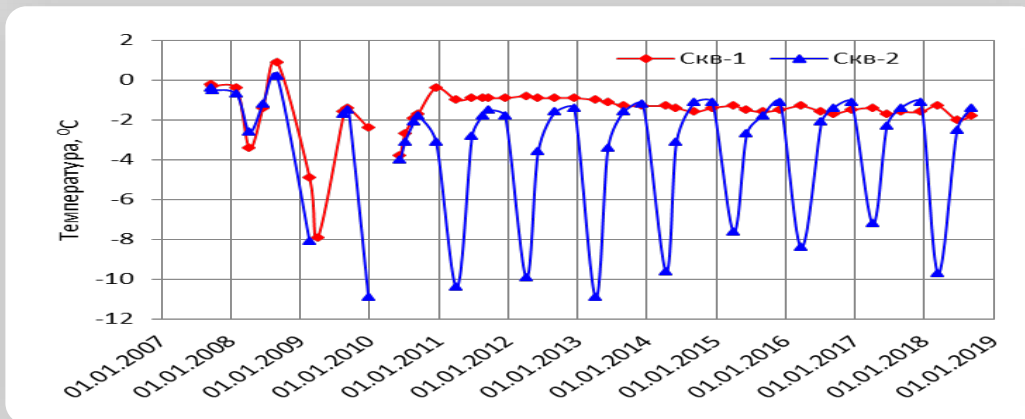
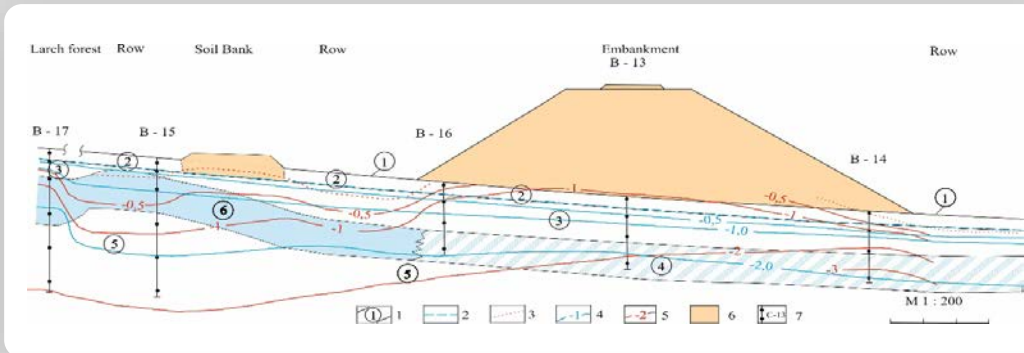
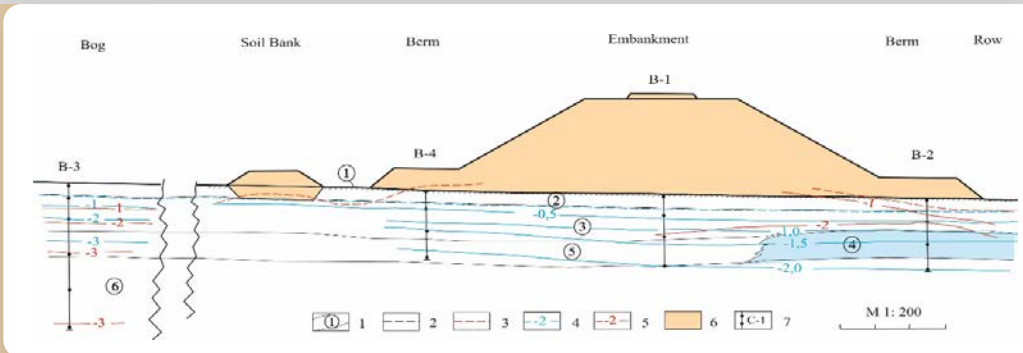


ВЛИЯНИЕ ВЫСОКОЙ НАСЫПИ НА МЕРЗЛЫЕ ГРУНТЫ ОСНОВАНИЯ



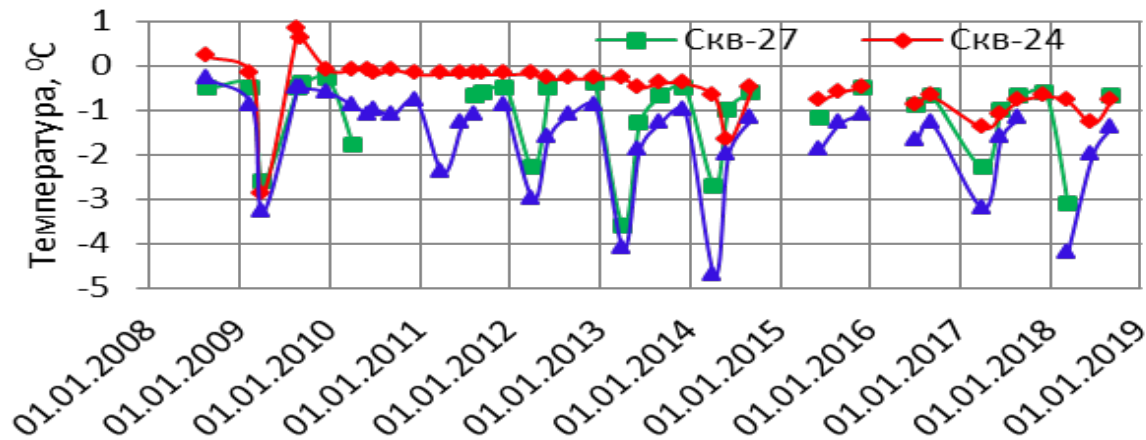
Высокая насыпь оказывает стабильное охлаждающее влияние на грунты ее основания.

Динамика температуры грунтов основания на глубине 1,5 м под высокими, 7–8-метровыми насыпями.

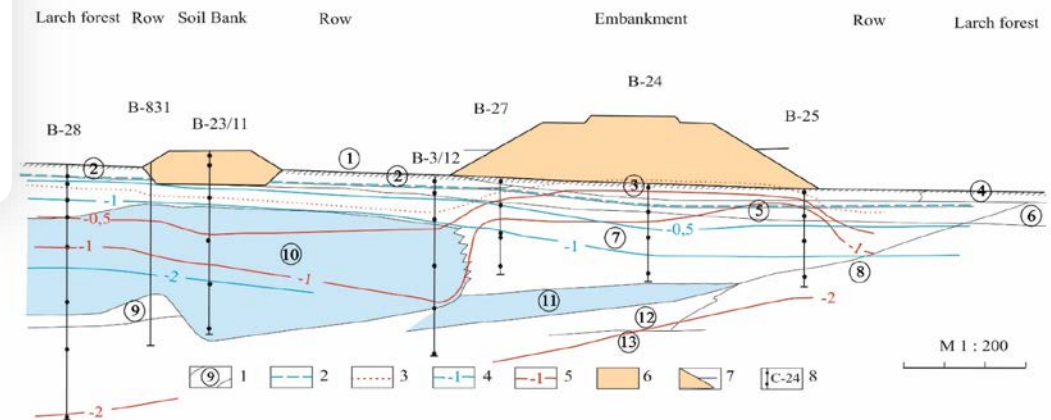




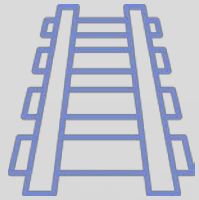
Конструкции консольных солнцезащитных навесов на откосах низких насыпей оказывают охлаждающий эффект на грунты основания земляного полотна.



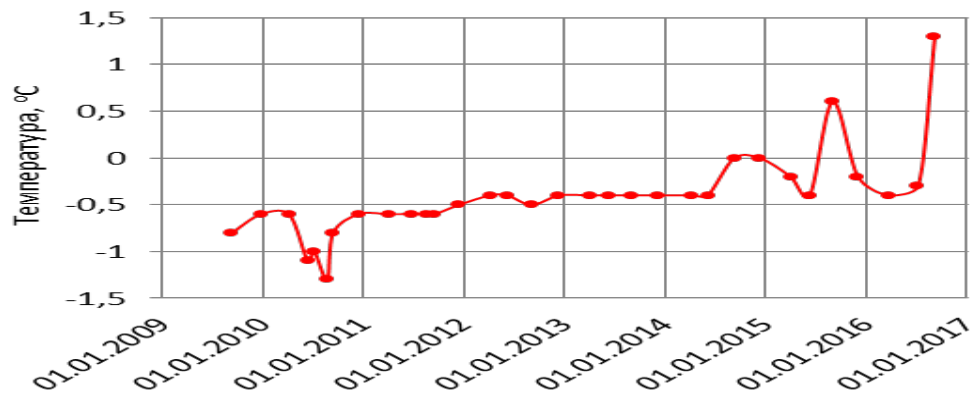
Динамика температуры грунтов основания на глубине **1,5 м** на низких (3 м) насыпях с применением конструкций консольных снегоудерживающих и солнцезащитных навесов: под осью (Скв-24), под основаниями правого (восток —Скв-25) и левого (запад —Скв-27) откосов.



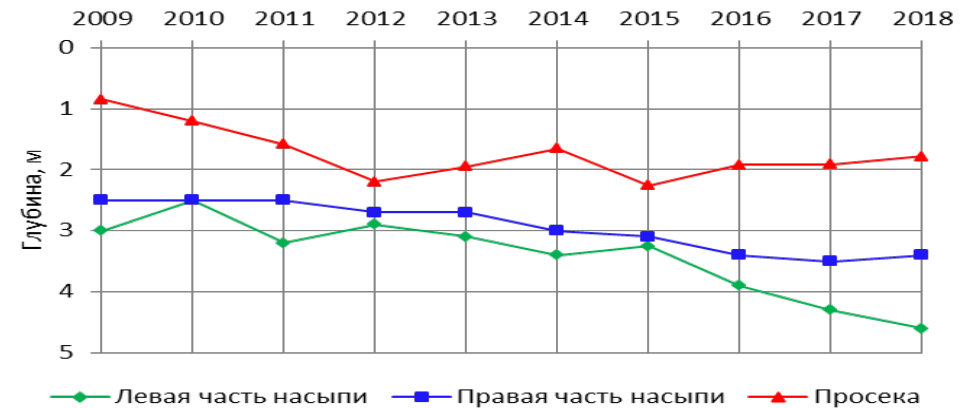
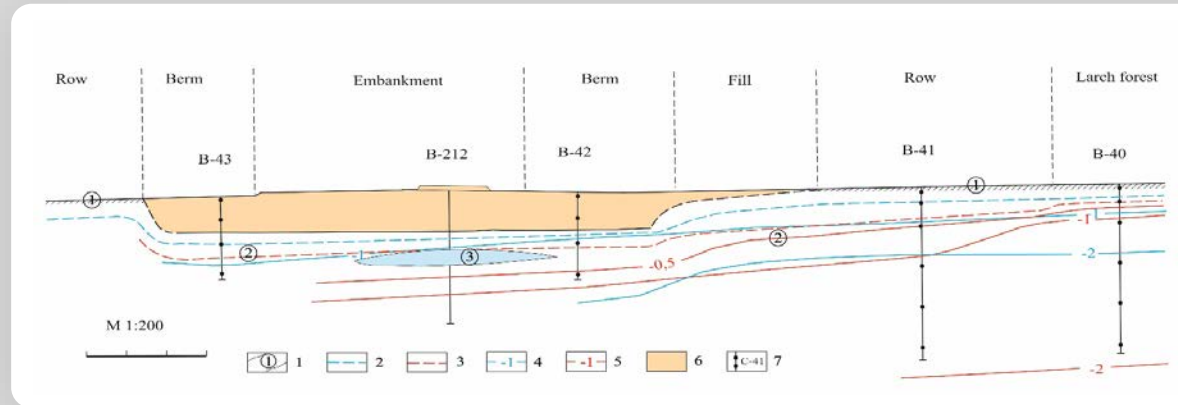
ВЫЕМКА И НУЛЕВАЯ ЗЕМЛЯНАЯ НАСЫПЬ ПРИВОДЯТ К ДЕГРАДАЦИИ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЯ



В районе нулевого земляного полотна железной дороги глубина сезонного протаивания имеет тенденции к увеличению и на его основании температура грунтов — к повышению.



Динамика температуры грунтов основания на глубине 3 м нулевой насыпи (ПК 7179).



Динамика глубины сезонного протаивания грунтов на просеке и грунтов основания нулевого земляного полотна (ПК 7179).



Организацию контроля состояния автомобильных дорог обеспечит система мониторинга на основе инженерно-геокриологического районирования. Контроль состояния грунтовых параметров конструкции и прилегающих территорий обеспечит фиксацию изменения и выполнение превентивных мероприятий.



Проведение защитных мероприятий (каменная наброска, солнцезащитные козырьки, теплоизоляционные материалы и др.) не всегда оказывают ожидаемый эффект. Мероприятия, проводимые на уч. Томмот – Кердем, обеспечат эффективные решения для поддержания основания автодорог в многолетнемерзлом состоянии.



При проектировании автомобильных дорог в криолитозоне необходимо предусмотреть конструктивные параметры, инженерно-геологические условия для сохранения мерзлых толщ в основании и теле сооружения в процессе эксплуатации при различных сценариях климата.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!